反馈信息类型与效价对公众科学志愿者参与表现激励效应的实验研究*

■ 汤健[1] 周鑫雪[1] 余美华[2]
[1] 中央财经大学信息学院 北京 100081 [2]中国传媒大学政府与公共事务学院 北京 100024

摘 要:[目的/意义]提供反馈是一项增强用户动机和参与的重要设计。研究反馈信息对公众科学志愿者参与表现的激励效应,为改进公众科学项目的反馈信息设计及提高志愿者参与表现提供指导和建议。[方法/过程]基于反馈干预理论框架,结合社会认知理论和沉浸理论,构建反馈类型及反馈效价对公众科学项目志愿者的参与体验及参与表现的影响因素理论模型,并探讨反馈类型与反馈效价的交互作用。实证采用2(反馈类型:描述型 vs. 评价型)×2(反馈效价:积极 vs. 消极)组间实验进行模型验证。[结果/结论]分析结果表明,在公众科学项目中,反馈类型与反馈效价对志愿者参与体验的影响存在差异,即志愿者在评价型反馈中比描述型反馈有更高的自我效能感;在积极反馈中比消极反馈有更高的自我效能感及沉浸体验。反馈类型与反馈效价对自我效能感具有交互效应,在消极反馈中,志愿者在评价型反馈中比描述型反馈有更高的自我效能。志愿者的参与体验对参与表现有正向的影响作用。

关键词:公众科学 反馈信息 参与体验 参与表现 反馈干预
分类号:G25
DOI:10.13266/j.issn.0252-3116.2021.09.006

1 引言

公众科学(Citizen Science)这一以普通公众群体协作为基础,聚集公众智慧开展科研活动的新范式吸引了信息科学、图书情报等领域众多学者的关注[1-2]。公众科学项目允许志愿者跨越时间和地理的限制,通过采集数据、分析数据、共享计算资源及提出解决方案等方式参与科研合作[3]。公众科学兴起于生物学、天文学等领域,例如牛津大学等机构联合发起的"星系动物园"项目和美国康奈尔大学的鸟类学实验室eBird项目。近年来,随着海量人文资料的数字化,公众科学在图书情报领域得到了更深入的应用,典型的案例如我国上海图书馆盛宣怀档案抄录项目,数字人文的珍贵素材丰富了公众科学项目的形式,同时公众科学项目的开展为促进数字人文研究的深化与突破提供了新的契机[4]。公众科学项目的兴起吸引了众多志愿者参与,志愿者的高质量参与是项目成功运作的可靠保障,也是提高公民科学素养、促进公民与科学家之间合作的关键环节[1]。由于公众科学任务在专业性、复杂性和密集性方面具有一定要求,需要志愿者投入较多的时间和精力[4],所以目前积极参与公众科学项目的志愿者仍较少,存在志愿者持续参与程度不高且贡献内容质量参差不齐的问题,难以实现支持科学研究的目标[5]。学者指出志愿者主要受到个人兴趣、利他主义、好奇心、求知欲等主观因素的影响[6],除此之外,科学家或平台设计人员应当从项目设计层面考虑如何有效吸引志愿者。因此,如何通过有效的激励措施提升志愿者参与体验并提高其参与表现成为公众科学项目中亟需解决的关键问题[7]。

从人机交互视角来看,提供反馈可带来积极的用户体验,并让用户对信息技术的使用持积极态度[8]。前人研究发现反馈信息对用户的沉浸式体验及其创意

* 本文系国家自然科学基金"公众科学项目用户参与行为及价值共创效果研究"(项目编号:71904215)和教育部人文社会科学基金"基于游戏化设计的公众科学用户贡献行为及学习成效研究"(项目编号:18YJCZH160)研究成果之一。
作者简介:汤健(ORCID:0000-0002-8283-1961),副教授,博士;周鑫雪(ORCID:0000-0001-9939-0850),博士研究生,通讯作者,E-mail:zxxsnow1017@163.com;余美华(ORCID:0000-0002-6955-8286),硕士研究生。
收稿日期:2020-10-23 修回日期:2021-01-13 本文起止页码:51-61 本文责任编辑:杜杏叶

的产生具有积极影响[9]。强调任务的反馈性可以有效激励公众科学志愿者[10]，并能提高志愿者的参与表现[11]。在 eBird 项目中，科研人员会向志愿者反馈其贡献情况，例如，志愿者观察到的物种类别、物种数量及其持续参与的天数，还会公布最佳贡献照片及其创作者的信息，以此激励志愿者的持续参与。现有研究大部分从理论角度阐述公众科学的意义及其发展前景[2,4]或探讨志愿者的参与动机及参与行为的影响因素[12-13]，部分研究证明了反馈对参与者表现具有积极影响[11]。然而，仍然需要深入剖析公众科学项目中反馈信息对志愿者参与行为的影响机理，并结合反馈信息的维度特征对其影响效应进行比较分析。

因此，本文从人机交互视角出发，基于反馈干预理论（Feedback Intervention Theory）框架，结合社会认知理论（Social Cognitive Theory）和沉浸理论（Flow Theory），探讨公众科学项目中的反馈类型及反馈效价如何影响志愿者的参与体验进而影响其参与表现，并探究反馈类型及反馈效价是否具有交互效应并对志愿者的参与体验产生差异性影响。本文旨在拓展公众科学激励机制研究的理论视角，通过构建反馈信息对志愿者参与表现的影响模型，为公众科学项目实践提供更为具体明确的指引，从而更有效地吸引大众的参与，为推动我国公众科学实践的发展提供借鉴。

2 相关文献研究

2.1 公众科学及志愿者的参与表现

公众科学通过网络招募大量非职业科学家、科学爱好者和公众志愿者参与科研活动，既凝聚了群众智慧，也为科学家提供了经济、高效的科研合作平台[14]。相对于传统的科研形式，公众科学具有开放性、互动性、自主性等特征[4]，借助群体智慧推动科学研究的发展，并有望成为促进科学交流和科普教育的重要渠道。现有公众科学研究中，对公众科学的理论性研究主要阐述了公众科学的应用领域及项目类型、志愿者参与特征[15]及项目运作机制等[16]。对公众科学项目设计的研究中，学者们主要通过对平台技术的设计研究[17]、项目任务类型及任务特征的研究[10,18]、用户参与动机及用户贡献类型的研究等[13]，为项目设计提供指导意见。

公众科学项目需要依靠大量的志愿者提供帮助，因此参与主体越多，数据质量越好，对科研人员的帮助越大。志愿者的参与表现对于公众科学项目的成功至关重要。志愿者在公众科学中的参与程度存在差异[19]，衡量志愿者在公众科学项目中的参与表现通常可以采用参与强度、参与持久性、贡献数量和质量等变量。具体来说，参与强度是指志愿者每天参与任务所花费的总时间，参与持久性是指志愿者积极参与任务的持续天数[19]，贡献数量和质量是已完成任务的数量和完成任务的准确率、有用性[11]。关于参与表现的影响因素研究中，前人研究主要考虑了如任务特征[20]、个人兴趣[6]、信息质量管理策略以及相应的数据收集流程设计[21]等对公众科学志愿者参与表现的影响。志愿者的参与动机主要有感知意义、乐趣、个人的兴趣爱好、学习以及为社会做贡献的希望[13]。总的来说，现有的研究较多探索志愿者的特征及其参与公众科学项目的动机，只有少数研究从人机交互角度探索如何通过有效的激励设计提高志愿者的参与表现[7]。

2.2 反馈信息设计

反馈通过提供信息来影响个体需求的满足和内在动机[22]。反馈信息设计在信息科学领域一直受到学者的持续关注[23]。反馈干预理论中提出反馈是关于个体任务操作或过去行为的相关信息，由外部有意识、有目的地提供，以便诱导个体的动机，从而影响个体的表现[22]。反馈具有三种意义，包括动机意义、强化意义和信息意义[24]。反馈的强化和信息意义在动态的信息交互中发挥作用，通常与信息处理、搜索和检索模型有关[23]。反馈的动机意义是指其作为激励用户行为的要素，有助于产生积极的用户体验[8]。因此，从动机意义的视角考虑反馈信息的作用，为探讨反馈信息对用户动机及行为表现的影响机理提供了理论依据。

反馈信息具有多维度的特征，前人研究从不同角度探索比较了反馈信息的影响效应。有学者从反馈类型的角度进行了区分，包括反馈内容的可信度[25]，反馈内容的关注对象[26]或反馈内容的价值取向[27]，也有许多学者从反馈效价的角度比较积极反馈与消极反馈对个体激励及行为的影响作用，并提出需要根据任务类型的特征来确定采用的反馈效价[28-29]。

在公众科学项目中，志愿者在参与时获得的反馈信息可以鼓励他们的贡献行为[30]。在华盛顿大学发起的 Foldit 项目中，反馈以分数和排行榜的形式展现给志愿者，据此他们可以了解自己完成的任务数量以及在诸多志愿者中的排名。提供项目进度信息和志愿者自身表现情况可以提升志愿者的自我效能和感知乐趣[31]。反馈信息也可以通过增强内在成就感来提高公众表现和参与动力。在公众科学项目中，J. Laut 等比较了提供不同类型的同伴参与表现信息（无同伴表

现信息、落后的同伴表现信息、相似的同伴表现信息和胜出的同伴表现信息）对志愿者参与表现的影响，结果发现志愿者倾向于根据提供的同伴参与表现信息来增加或减少他们的贡献[11]。K. Scheliga 等提出公众科学中反馈机制对志愿者的参与行为具有正向的激励作用，但是目前只有较少项目能有效的实施反馈设计[18]。总的来说，公众科学背景下，反馈信息的维度特征对志愿者的参与体验和参与表现存在怎样的影响仍然需要进一步研究。

综上所述，现有公众科学研究主要探索和识别志愿者的参与贡献程度，并从动机和任务特征视角分析志愿者参与表现的影响因素，缺乏从反馈信息视角探索不同反馈信息的设计对志愿者参与体验及参与表现的影响机制。因此，本文将聚焦反馈信息设计，并从反馈类型与反馈效价两个维度展开研究，力图发掘反馈干预对志愿者参与体验及参与表现的作用机理，为公众科学项目的反馈信息设计提供理论指导。

3 模型构建与研究假设

3.1 研究模型

反馈干预理论指出提供个体任务表现的信息反馈将激发个体的内部动因，最终影响个体的表现水平[22]。根据反馈信息的特征，比如反馈标准、反馈目标等，将形成不同的反馈信息类型，进而影响个体关注焦点、体验及表现行为[22,32]。社会认知理论和沉浸理论被广泛应用于阐述个人体验及其行为之间的关联。社会认知理论中认为个体对特定行为的认知受到自我效能的影响，自我效能感是个体对自身完成特定任务所具有能力的判断[33]。沉浸理论认为个体在完成任务过程中有可能形成挑战、愉悦等体验，并进入一种沉浸的状态，从而对所进行的任务或所处的环境产生积极的态度和行为[34]。自我效能感是个体在虚拟社区参与贡献的重要影响因素之一[35]，沉浸体验有助于解释用户的深入参与行为[36]。本文以反馈干预理论为基础，提出“反馈－参与体验－参与表现”的研究框架，并结合社会认知理论和沉浸理论，探索志愿者参与公众科学项目中的两种参与体验，即自我效能感和沉浸体验。从反馈类型和反馈效价两个维度对反馈信息设计进行比较分析，并验证反馈信息对公众科学志愿者参与表现的影响路径。

从反馈类型维度来看，反馈信息可以根据个体完成任务的情况进行数据的汇报，并与任务制定的客观标准进行比较，称为描述型反馈（Descriptive Feedback）；反馈信息也可能是对个体完成情况的好坏进行评价后形成的总结性主观陈述，称为评价型反馈（Evaluative Feedback）[37]。反馈效价是研究反馈信息的另一重要维度，可以是积极或消极，表明个体表现与给定标准或预期的差异[38]。积极反馈是一种正向的、赞赏性的反馈信息，表扬个体的表现优于给定的标准或期待。而消极反馈则是一种负向的、批评性的反馈信息，批评个体的表现未达到给定的标准或期待。

由于科学研究的持久性和需要一定的知识水平，因此自我效能感和沉浸体验是公众科学项目参与过程中的重要动机及体验，自我效能感可以增强志愿者感知能力的提升，有利于提升完成质量。沉浸体验能够让志愿者保持专注感和兴趣，有利于持续完成任务。因此，本文关注志愿者参与体验的两个变量为自我效能感和沉浸体验。对于参与表现，本文从志愿者的贡献数量和质量两个维度进行衡量。

综上，本文提出图1的研究模型，描述了反馈类型（描述型 vs. 评价型）及反馈效价（积极 vs. 消极）如何对志愿者的参与体验（自我效能感和沉浸体验）产生影响，进而影响其参与表现（参与数量和参与质量）。同时，本文还将进一步研究反馈效价与反馈类型是否存在交互作用。

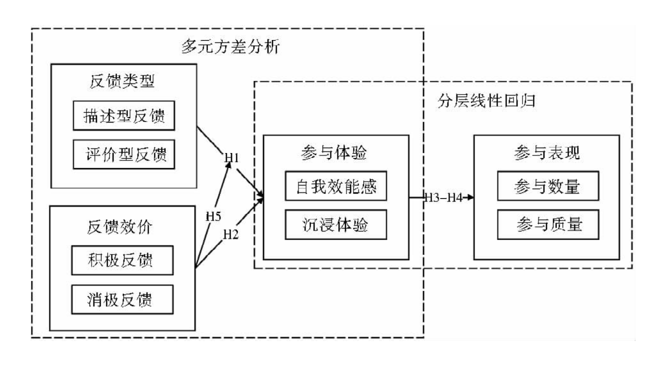


图1　反馈类型及反馈效价对志愿者参与表现的影响模型

3.2 反馈类型及反馈效价对志愿者参与体验的影响

描述型反馈是向志愿者提供关于其自身任务完成数量及质量的情况，及与客观标准比较的信息。而评价型反馈则对志愿者的参与表现进行了综合的主观评价。与描述型反馈相比，评价型反馈提供了直接的评价，明确地反馈了与个体能力水平相关的信息[39]，例如“你做得很好”，评价型反馈指出了任务完成情况是否达到一定标准，能够提高个体对完成任务能力的感知，在满足个体能力需求方面最有效，有利于提升志愿者的自我效能感[40]。评价型反馈提供的主观评价更

容易带动个体的情绪,增强积极的情绪和沉浸感[41]。评价型反馈提供的对志愿者参与表现的综合性评价可以有效地满足志愿者的内在需求[39],从而在参与公众科学任务时更易形成愉悦的体验,进入沉浸的状态。因此,本文提出如下假设:

H1a:评价型反馈比描述型反馈带来更高的自我效能感。

H1b:评价型反馈比描述型反馈带来更高的沉浸体验。

反馈效价说明志愿者表现与标准或期望之间的正向或负向差异[38]。积极反馈表明志愿者的表现是可接受的和值得肯定的,消极反馈表明志愿者的表现还没有达到设定的目标。与积极反馈相比,消极反馈会强调一个人缺乏完成任务的能力。消极反馈可能会带来压力,然后引起个体对其完成任务的能力的担忧[42]。积极反馈可以满足能力和自主权的需求,从而增强人们对其完成任务能力的信心[40]。积极反馈肯定了个人在发展或证明能力方面的成就,所以积极反馈会增加个体的内在动机,而消极反馈则对内在动机有不利影响[29]。积极反馈可以增强个体的感知乐趣和持续性,而消极的反馈则会增加紧张感[43]。因此,积极反馈比消极反馈更有可能为志愿者带来愉快的体验。感知乐趣是沉浸体验的一种重要维度[36],因此,积极反馈比消极反馈更有可能带来沉浸体验。因此,本文提出如下假设:

H2a:积极反馈比消极反馈带来更高的自我效能感。

H2b:积极反馈比消极反馈带来更高的沉浸体验。

3.3 志愿者参与体验对参与表现的影响

自我效能感是指志愿者在完成公众科学任务过程中产生的成就能力信念。在公众科学中,当个体的自我效能感较高时,会促使其加强努力,从而提高参与表现[44]。在公众科学任务中,R. Tinati 等发现,了解该科学领域和扩大视野的能力是激发志愿者参与的内在因素,获得技能是志愿者参与表现的重要决定因素[6]。自我效能感越高,成员往往对完成任务或者提供知识更有信心,因此用户的自我效能对知识共享水平和知识贡献数量有显著的影响作用[45]。当个体在一项活动中经历自我能力提高时,他们更愿意继续参加活动并展示更好的表现[46]。因此,本文提出如下假设:

H3a:自我效能感会积极影响志愿者的参与数量。

H3b:自我效能感会积极影响志愿者的参与质量。

沉浸体验是指志愿者在参与公众科学任务过程中获得的沉浸感。感知乐趣是沉浸体验的一种重要维度[36],也是激发志愿者持续参与公众科学的重要动因[13]。沉浸体验对用户的深入参与有重要的影响作用[36],当志愿者更专注于任务而忘记时间时,完成的任务数量也会随之增加。在公众科学任务中,志愿者体验新的内容,引起好奇心,从而使得他们集中注意力进入沉浸状态,进而对知识产生行为有显著的影响作用[47]。因此,本文提出如下假设:

H4a:沉浸体验会积极影响志愿者的参与数量。

H4b:沉浸体验会积极影响志愿者的参与质量。

3.4 反馈效价的调节作用

在鼓励志愿者的动机方面,积极反馈比消极反馈更具有优势,带来积极的影响效应。然而,消极反馈指出了个体表现与给定标准之间的差异,增加了紧张感。当个体了解自身的不足时,会更加努力,提高其参与表现。因此,现有研究中消极反馈对个体表现的影响还未有一致的结论,需要考虑具体的情境[48]。本文将继续分析反馈类型是否因为反馈效价的不同而对志愿者的参与体验产生差异性的影响作用。

在积极反馈的情况下,评价型反馈中的主观评价及情感性语言能够让志愿者获得更高的积极情绪;同时,获得赞扬能够带来更高的能力感知[39]。描述型反馈提供客观数据表明志愿者完成情况高于给定标准或预期,能够增强感知效能[49]。而在消极反馈的情况下,描述型反馈表明个体完成任务的数量或者质量的情况,并强调其与给定标准的差距,因此会给志愿者的心理体验带来更强的负面影响[50]。而评价型反馈则是对个体的表现进行了汇总后的评价,例如"表现较差"或者"错误率较高",缺乏真实差距的感知,因此对自我效能的影响程度较低。评价型反馈含有情感语言,更容易带动志愿者情绪,在消极反馈中,比描述型的客观反馈有利于带来沉浸体验[41]。描述型反馈给出了与任务相关活动的具体不足,对个体的消极影响会比评价型反馈更强[37]。因此,本文提出以下假设:

H5:与积极反馈相比,评价型反馈比描述型反馈的优势在消极反馈中更明显。

H5a:与积极反馈相比,评价型反馈在消极反馈中比描述型反馈带来更高的自我效能感。

H5b:与积极反馈相比,评价型反馈在消极反馈中比描述型反馈带来更高的沉浸体验。

4 研究设计

4.1 实验设计

为了验证研究假设,本文参考英国星系动物园科

学联盟(Zooniverse)的自然图片标注项目开发公众科学项目平台，整理并汇总野生植物图片，要求被试通过观察图片，对植物的相关特征进行辨识与标注，帮助科学家发现植物种类。这个实验任务是公众科学项目中常见的数据分析类任务，具有一定的代表意义[14]。本文采用2(反馈类型：描述型 vs. 评价型)×2(反馈效价：积极 vs. 消极)组间实验收集数据，共四个实验组。从反馈类型来看，描述型反馈向志愿者提供关于其完成任务的数量及质量描述；评价型反馈对志愿者的参与表现进行主观性评价。从反馈效价来看，积极反馈是一种肯定性的反馈，表明志愿者完成情况较好；消极反馈则是具有负面性或批评性的反馈，表明志愿者完成情况较差。例如，在描述型、积极反馈组中，志愿者收到的反馈信息“答对 3 题为合格水平，你在本组答对 x 道题，达到合格水平”，x 的取值在 3－5 的区间内随机生成。在描述型、消极反馈组中，志愿者收到的反馈信息“答错 2 题为不合格，你在本组答错 x 道题，为不合格”，x 的取值在 2－5 区间内随机生成。在评价型、积极反馈组中，志愿者收到的反馈信息则为对其表现的肯定性总结评价。在评价型、消极反馈组中，志愿者收到的反馈信息则是对其表现的负面性总结性评价。为将实验被试在四个组进行随机分配并保持实验组中被试数量的均衡，检测自变量与因变量之间的因果关系，笔者参考前人研究，将反馈类型与反馈效价均作为事先控制的自变量[28,51]，每组具体的反馈信息如表 1 所示：

表 1　实验组反馈信息

反馈类型	反馈效价	
	积极反馈	消极反馈
描述型反馈	答对 3 题为合格水平，你在本组答对 x 道题，达到合格水平。	答错 2 题为不合格，你在本组答错 x 道题，为不合格。
评价型反馈	你在本组答题表现很好，正确率较高，令人满意，请继续保持！	你在本组答题表现较差，错误率较高，令人遗憾，有待提高！

4.2　实验过程

本研究通过数据调研平台发送实验链接招募被试，平台的用户自愿选择是否参与实验。接受邀请的被试进入实验平台后，首先将看到模拟的公众科学项目欢迎页面，页面中包含对本项目的基本情况介绍，便于被试了解项目内容及意义。随后，被试点击“确定”继续参与任务，并通过随机分配进入四个实验组中的某一组，开始实验任务。在完成实验任务过程中，被试将依次看到多张植物照片，每张植物照片旁有五个有关植物特征的问题，由被试选择回答展示图片中的植物是否有花朵，叶，树皮/树干，果实和茎(见图 2)。实验中使用的植物照片已由植物学领域专家进行了标注，因此笔者可以评估被试完成任务的表现。



图 2　实验任务

实验操作方面，在被试完成对前 5 张图片标注后，将会收到第一条反馈信息，该反馈包含被试标注前 5 张图片的正确数量及准确率，以此为被试提供一个基准水平，且有助于被试熟悉实验任务。在第一次反馈后，被试继续标注接下来的 5 张图片，根据其所在的实验组，被试在完成这 5 张图片后将收到第二次反馈信息，反馈信息的具体内容经由人为设定，与被试的真实表现没有直接关联(见表 1)。为了加强实验控制效果，第二次反馈后，被试需要继续完成另外 5 张图片，此后会再次收到其所在实验组的反馈信息。在完成了 15 张图片的标注后，实验界面将显示“退出”按钮，被试可以继续参与标注剩余 5 张图片或选择自行退出任务。最后，被试进入问卷环节，回答参与体验、背景信息以及控制检验问题。

4.3 测量

问卷采用李克特(Likert)7 级量表,题项主要来源于国内外文献,并结合本文研究情境进行修改。自我效能的测量借鉴了 R. Santhanam 等[52]的量表进行设计,包含"我有信心完成公众科学任务","我很喜欢参与公众科学的任务","我可以成功地完成其他公众科学任务"这三个题项。沉浸体验的测量借鉴了 A. Suh 等[36]的量表进行设计,包含"在完成公众科学任务时我很专注","在完成公众科学任务时我能排除其他干扰","在完成公众科学任务时我很投入","在完成公众科学任务时我的注意力不容易转移"这四个题项。志愿者的参与表现,包含参与数量及参与质量通过实验平台记录的数据进行测量。志愿者对植物学感兴趣程度采用一个问题(1 = 不感兴趣、2 = 一般、3 = 感兴趣)测量。此外,志愿者还需要回答感知反馈内容和反馈效价两个控制检验问题。

5 数据分析

5.1 样本描述性统计

本实验总共招募 184 个被试,其中,对所有题项答案都一样的被试 16 个,未能正确回答控制检验问题的被试 6 个(回答正确的人数占总体样本数的 96.4%,说明实验控制有效),共计 22 个被试不符合要求。因此,本研究最后对 162 个有效被试进行数据分析,采用 SPSS 25.0 进行描述统计分析结果如表 2 所示。其中,女性占比 38.9%,男性占比 61.1%,被试的年龄在 39 岁以下的占比达 84%,受教育程度大专以上学历的占 70.4%,在对植物学感兴趣方面,愿意参与实验的大部分被试对植物学有一定的兴趣。为进一步检验不同实验组的被试在个体特征方面是否存在显著差异,本文采用 Kruskal-Wallis 单因素方差分析进行比较,结果表明四个实验组中的被试在性别($p = 0.407$)、年龄($p = 0.785$)、教育水平($p = 0.585$)上没有显著的差异,但是四组被试对植物学感兴趣程度($p = 0.000$)有显著差异。

5.2 问卷信度与效度检验

本文采用 LISREL 8.80 进行验证性因子分析来检验测量模型。若 Cronbach's α 系数大于 0.7,组合信度(Composite Reliability)大于 0.8,可以认为测量项可靠,问卷具有较高的稳定性;若平均抽取方差(Average Variance Extracted, AVE)大于 0.5,则说明问卷收敛效度较好[53]。对于区别效度的检验,表 3 汇报自我效能感与沉浸体验的因子相关系数矩阵(斜对角线上是 AVE 值平方根)。可以看出,这两个因子的 AVE 值平方根都大于其与另外一个因子的相关系数,说明区别效度较好。

表 2 描述性统计分析

类别		n = 162	描述型反馈		评价型反馈	
			积极反馈 n = 52	消极反馈 n = 46	积极反馈 n = 25	消极反馈 n = 39
性别	男	99	34	26	18	21
	女	63	18	20	7	18
年龄/岁	小于 20	42	14	12	6	10
	20 – 39	94	33	24	14	23
	40 – 59	24	4	10	4	6
	60 以上	2	1	0	1	0
受教育程度	高中	48	11	13	10	14
	大专	83	31	24	9	19
	本科	25	9	6	5	5
	硕士	6	1	3	1	1
	对植物学感兴趣程度	–	2.11	2.46	2.34	2.84

表 3 信度与效度检验结果

变量	均值	标准差	组合信度	平均抽取方差	自我效能感	沉浸体验
自我效能感	5.33	1.63	0.95	0.87	0.93	
沉浸体验	5.56	1.73	0.97	0.89	0.68	0.94

5.3 反馈类型及反馈效价对志愿者参与体验的作用

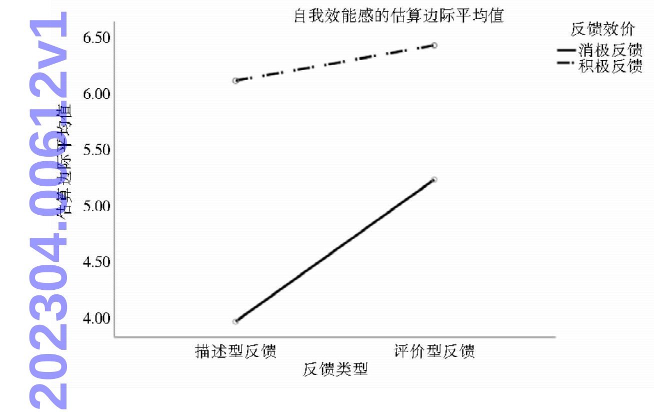
本文采用 2(反馈类型:描述型、评价型)×2(反馈效价:积极、消极)双因素多元方差分析检验反馈信息对志愿者参与体验(包括自我效能感和沉浸体验)的影响效应,由于被试对植物学感兴趣程度存在显著差异,因此将其作为协变量加入分析。如表 4 所示是四个实验组中自我效能感和沉浸体验的均值及其标准差。结果显示反馈类型、反馈效价对参与体验存在主效应,具体数据为 $F(1,160) = 6.33$, $p < 0.01$, Wilks' lambda $= 0.925$;$F(1,160) = 27.10$, $p < 0.001$, Wilks' lambda $= 0.742$。反馈类型与反馈效价对整体参与体验交互作用在 0.05 显著性水平下不显著,$F(1,158) = 2.50$, $p = 0.086$, Wilks' lambda $= 0.970$,但是反馈类型与反馈效价对自我效能感具有显著的交互作用,$F(1,158) = 4.83$, $p < 0.05$。

首先,对反馈类型的主效应进行分析,在自我效能感中,志愿者在评价型反馈中比描述型反馈具有更高的自我效能感($Mean_{描述型} = 5.04$, $Mean_{评价型} = 5.80$, $p = 0.000$),假设 H1a 成立;在沉浸体验中,志愿者在评价

表4 参与体验的描述性统计

组别	自我效能感		沉浸体验	
	均值	标准差	均值	标准差
描述型反馈，消极反馈	3.95	2.02	4.67	2.21
描述型反馈，积极反馈	6.11	0.55	6.34	0.48
评价型反馈，消极反馈	5.22	1.43	5.10	1.99
评价型反馈，积极反馈	6.43	0.48	6.29	0.62

型反馈和描述型反馈中没有显著的差异($Mean_{描述型}$ = 5.50, $Mean_{评价型}$ = 5.71, p = 0.465)，假设H1b不成立。其次，对于反馈效价的主效应，志愿者在积极反馈中比消极反馈具有更高的自我效能感($Mean_{积极}$ = 6.24, $Mean_{消极}$ = 4.60, p = 0.000)和沉浸体验($Mean_{积极}$ = 6.33, $Mean_{消极}$ = 4.88, p = 0.000)，假设H2a、H2b成立。最后，分析发现反馈类型与反馈效价具有显著的交互效应，见图3。在消极反馈中，志愿者在评价型反馈比描述型反馈具有更高的自我效能($Mean\ Difference_{(评价型-描述型)}$ = 1.24, p = 0.000)；在积极反馈中，志愿者的自我效能感在评价型反馈与描述型反馈中没有显著差异($Mean\ Difference_{(评价型-描述型)}$ = 0.27, p = 0.414)，假设H5a成立。在消极反馈中，志愿者的沉浸体验在评价型反馈与描述型反馈中没有显著差异($Mean\ Difference_{(评价型-描述型)}$ = 0.45, p = 0.201)；在积极反馈中，志愿者的沉浸体验在评价型反馈与描述型反馈中没有显著差异($Mean\ Difference_{(评价型-描述型)}$ = 0.02, p = 0.954)，假设H5b不成立。



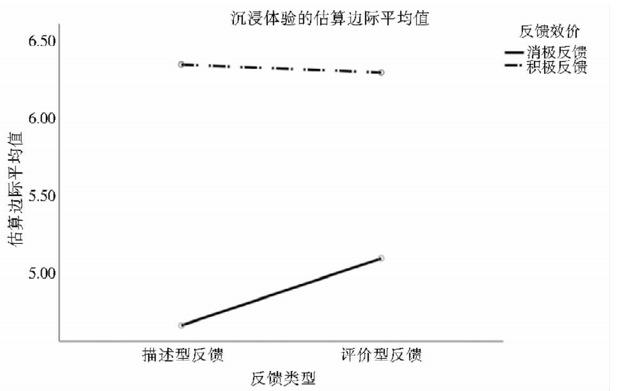


图3 反馈类型与反馈效价对参与体验的交互效应

5.4 参与体验对参与表现的影响检验

本文采用Stata 14.0进行分层线性回归检验志愿者的参与体验与参与表现的关系。因变量为参与表现，由参与数量和参与质量进行测度，自变量为志愿者的自我效能感和沉浸体验，并将个体基本信息如性别、年龄、受教育程度及对植物学感兴趣程度作为模型的控制变量。首先，模型1中只包含控制变量，为性别、年龄、受教育程度和对植物学感兴趣的程度；随后，将自我效能感和沉浸体验加入，构成模型2。通过对自变量进行系数相关性分析，由表5可以得出两两变量间相关系数都小于0.7，因此自变量之间不存在多重共线性。本文分别将参与数量和参与质量作为因变量，通过Spearman分析，在参与数量作为因变量的模型中，自我效能感与模型残差的相关系数为0.05，p值为0.50；沉浸体验与模型残差的相关系数为－0.04，p值为0.62，不存在异方差；DW值为0.61，存在自相关。在参与质量作为因变量的模型中，自我效能感与模型残差的相关系数为0.13，p值为0.11；沉浸体验与模型残差的相关系数为0.03，p值为0.72，不存在异方差；DW值为1.17，存在自相关。因此，本文进行线性回归分析时，采用了方差－协方差矩阵的稳健估计值以解决自相关存在的问题。回归结果见表6，在参与数量作为因变量的基准模型1中，F值为7.06($p < 0.01$)，回归方程显著；模型2在基准模型基础上加入自我效能感和沉浸体验后，F值为19.97($p < 0.01$)，调整后的 R^2 值为0.31，回归方程显著，自我效能感对参与数量有积极的影响作用($\beta = 5.27$; $p < 0.001$)。参与质量作为因变量的基准模型1中，F值为2.60($p < 0.05$)，回归方程显著；模型2在基准模型基础上加入自变量，F值为11.40($p < 0.001$)，调整后的 R^2 值为0.35，回归方程显著，沉浸体验对参与质量有积极的影响作用($\beta = 0.04$; $p < 0.001$)。因此，支持假设H3a和H4b，而H3b和H4a不成立。

6 讨论与结语

6.1 结论

公众科学的发展可以在解决科学问题、制定国家政策方面发挥重要作用[2]。志愿者的积极参与能够有

表5 相关系数

	性别	年龄	受教育程度	对植物学感兴趣程度	自我效能感	沉浸体验
性别	1.00					
年龄	-0.18	1.00				
受教育程度	0.07	-0.44	1.00			
对植物学感兴趣程度	0.07	0.11	0.03	1.00		
自我效能感	-0.09	0.07	-0.03	-0.22	1.00	
沉浸体验	0.14	0.06	0.05	0.12	-0.67	1.00

表6 回归结果

自变量	因变量			
	参与数量(模型1)	参与数量(模型2)	参与质量(模型1)	参与质量(模型2)
常数	37.91(10.54***)	2.53(11.76)	0.94(0.07***)	0.68(0.54***)
性别	1.56(3.67)	2.07(3.26)	-0.02 (0.02)	-0.00(0.01)
年龄	8.45(3.47*)	11.20(3.14***)	-0.04(0.02*)	-0.02(0.02)
受教育程度	-7.58(2.34**)	-7.37(2.07***)	-0.02(0.02)	-0.02(0.02)
对植物学感兴趣程度	11.64(2.90***)	9.01(2.60**)	-0.01(0.02)	-0.01(0.01)
自我效能感		5.27(0.87***)		-0.01(0.01)
沉浸体验		1.30(0.80)		0.04(0.01***)
调整后 R^2	0.14	0.31	0.09	0.35
F	7.06	19.97	2.60	11.40

注:值为未标准化系数,括号中为稳健标准误差,$^{*}p<0.05$ $^{**}p<0.01$ $^{***}p<0.001$

效推动科学研究和科技创新,也能让志愿者掌握相关科学知识和了解科研动态,实现提高公民科学素养,促进科学研究发展的目标。因此,提高志愿者的参与表现是公众科学发展的关键环节。本文通过研究反馈信息对志愿者参与表现的影响机制,旨在为公众科学项目设计提供指引,从而有效吸纳广大公众参与科学研究并提高参与表现,确保公众科学项目的成功开展。

本文的研究结果表明,在公众科学项目中,评价型反馈信息比描述型反馈信息带来更高的自我效能感,但是对沉浸体验的影响没有显著差异,可能的原因是两种反馈信息都给志愿者提供了关于其表现的信息,能够更好地了解自身完成情况,从而集中注意力完成下一任务,因此都对沉浸体验有提升作用[47]。由于积极反馈是一种正向的、表扬性的信息,因此积极反馈比消极反馈带来更高的自我效能感和沉浸体验。反馈类型与反馈效价对志愿者的自我效能感存在交互效应,与积极反馈相比,评价型反馈在消极反馈中比描述型反馈带来更高的自我效能感。自我效能感对参与数量有积极的影响作用,而沉浸体验对参与质量有积极的影响作用。但是自我效能感对参与质量、沉浸体验对参与数量的影响不显著,可能的原因是参与质量受到参与者知识水平等多方面因素的影响,自我效能感只是志愿者自身的主观感受,不能代表其真实能力。沉浸体验较高能让志愿者更专注思考,然而由于每个任务花费时间较多,由于时间成本原因,导致对参与数量的影响不显著。

6.2 研究价值与局限

本文对公众科学领域研究的发展也具有理论意义。首先,在反馈干预理论框架下,结合社会认知理论和沉浸理论,从人机交互视角研究了公众科学项目中如何通过有效设计反馈信息以实现提高志愿者参与体验及参与表现的目标。其次,本研究聚焦公众科学志愿者参与表现,从参与数量与参与质量两方面进行测度,并采用实验研究的方法建立并验证反馈信息对参与表现的影响机制。最后,本研究从类型及效价两个维度细化反馈信息设计,探索比较反馈类型及反馈效价对志愿者参与体验的差异性影响,同时分析反馈效价的调节作用,拓展了反馈信息特征间的交互作用研究。

本文对公众科学项目的成功开展也具有实践意义。具体来说,本文的研究结果可以为公众科学项目管理者,例如科学家、管理中介,进行有效的激励干预提供一些指引,从而成功吸引并鼓励志愿者参与科学研究。首先,提供反馈有助于提高志愿者的参与体验,对反馈信息进行设计时,提供评价型反馈有利于激励志愿者,有效满足志愿者的自我效能感和沉浸体验,并

提高参与表现。积极反馈更有利于激发志愿者的参与热情,鼓励志愿者持久的参与。其次,志愿者参与表现不好的情况下,描述型反馈直接反映志愿者完成情况的客观数据,更容易引起志愿者的消极情绪,而使用评价型反馈可以使其保持一定的自我效能感。最后,在公众科学项目中融入激励设计的思想,采取激励干预有助于提升志愿者的自我效能感和沉浸体验,如采用游戏化设计,增加徽章的形式,对志愿者参与任务的阶段性进展进行标识,有助于增强成就感和自我效能,积分的累积能够增强项目的趣味性,带来更高的沉浸体验,提高参与表现。

本文也存在着局限与不足。首先,在模型的构建上可以进行更多的探索和实践,本文只考虑了描述型和评价型两种反馈信息类型,未来可以进一步深入研究更多的反馈类型及其对志愿者参与行为的差异性影响。同时,本文对反馈效价采用的是事前人为控制,有可能会造成参与者的认知偏差。在未来的实验中,可以采用真实值的反馈形成积极或者消极的反馈信息,进一步检验反馈效价对志愿者参与行为的影响作用。其次,志愿者的个体特征也是一个重要的因素,本文只考虑了反馈信息设计,没有考虑个体特征是否对反馈信息的作用产生影响,也没有考虑任务特征,例如任务粒度、任务难度对志愿者的影响,所以未来的研究可以综合考虑个体、任务、反馈之间的影响效应。最后,本文采用的实验素材来源于植物学领域。近年来,数字人文领域的公众科学项目得到诸多学者的关注,未来的研究可以探讨验证不同学科领域中公众科学项目志愿者参与行为影响机制的差异。

参考文献:

[1] BONNEY R, PHILLIPS T B, BALLARD H L, et al. Can citizen science enhance public understanding of science? [J]. Public understanding of science, 2016, 25(1): 2-16.

[2] 金瑛, 张晓林, 胡智慧. 公众科学的发展与挑战[J]. 图书情报工作, 2019, 63(13): 28-33.

[3] FRANZONI C, SAUERMANN H. Crowd science: the organization of scientific research in open collaborative projects [J]. Research policy, 2013, 43(1): 1-20.

[4] 赵宇翔. 科研众包视角下公众科学项目刍议:概念解析、模式探索及学科机遇[J]. 中国图书馆学报, 2017, 43(5): 42-56.

[5] PRESTOPNIK N, CROWSTON K, WANG J. Gamers, citizen scientists, and data: exploring participant contributions in two games with a purpose [J]. Computers in human behavior, 2017,68:254-268.

[6] TINATI R, LUCZAK-ROESCH M, SIMPERL E, et al. An investigation of player motivations in eyewire, a gamified citizen science project [J]. Computers in human behavior, 2017,73:527-540.

[7] PREECE J. Citizen science: new research challenges for human-computer interaction [J]. International journal of human-computer interaction, 2016, 32(8): 585-612.

[8] ZHANG P. Motivational affordances: reasons for ict design and use [J]. Communications of the ACM, 2008, 51(11): 145-147.

[9] JUNG J H, SCHNEIDER C, VALACICH J. Enhancing the motivational affordance of information systems: the effects of real-time performance feedback and goal setting in group collaboration environments [J]. Management science, 2010, 56(4): 724-742.

[10] 周鑫雪, 汤健, 王天梅. 任务特征与游戏化设计对公众科学参与意愿影响的实验研究[J]. 图书情报工作, 2018, 62(23): 97-105.

[11] LAUT J, CAPPA F, NOV O, et al. Increasing citizen science contribution using a virtual peer [J]. Journal of the association for information science and technology, 2017, 68(3): 583-593.

[12] 韩文婷, 宋士杰, 赵宇翔, 等. 数字人文类众包抄录平台中任务绩效的影响因素研究——基于任务复杂度与领域知识视角[J]. 图书与情报, 2019(3): 73-84.

[13] 张轩慧, 赵宇翔, 宋小康. 数字人文类公众科学项目持续发展阶段的公众参与动因探索——基于盛宣怀档案抄录案例的扎根分析[J]. 图书情报知识, 2018(3): 4,16-25,77.

[14] 牛毅冲, 赵宇翔, 朱庆华. 基于科研众包模式的公众科学项目运作机制初探——以 evolution megalab 为例[J]. 图书情报工作, 2017, 61(1): 5-13.

[15] SHIRK J L, BALLARD H L, WILDERMAN C C, et al. Public participation in scientific research: a framework for deliberate design [J]. Ecology and society, 2012, 17(2): 29-48.

[16] 赵宇翔, 刘周颖, 宋士杰. 行动者网络理论视角下公众科学项目运作机制的实证探索[J]. 中国图书馆学报, 2018, 44(6): 59-74.

[17] NEWMAN G, WIGGINS A, CRALL A, et al. The future of citizen science: emerging technologies and shifting paradigms [J]. Frontiers in ecology & the environment, 2012, 10(6): 298-304.

[18] SCHELIGA K, FRIESIKE S, PUSCHMANN C, et al. Setting up crowd science projects [J]. Public understanding of science, 2018, 27(5): 515-534.

[19] BOAKES E H, GLIOZZO G, SEYMOUR V, et al. Patterns of contribution to citizen science biodiversity projects increase understanding of volunteers' recording behaviour [J]. Scientific reports, 2016, 6:1-11.

[20] SPRINKS J, WARDLAW J, HOUGHTON R, et al. Task workflow design and its impact on performance and volunteers' subjective preference in virtual citizen science [J]. International journal of human-computer studies, 2017,104:50-63.

[21] LUKYANENKO R, PARSONS J, WIERSMA Y F, et al. Expecting the unexpected: effects of data collection design choices on the quality of crowdsourced user-generated content [J]. MIS quarter-

ly, 2019, 43(2): 623 – 647.

[22] KLUGER A N, DENISI A. The effects of feedback interventions on performance: a historical review, a meta-analysis, and a preliminary feedback intervention theory [J]. Psychological bulletin, 1996, 119(2): 254 – 284.

[23] SPINK A. Information science: a third feedback framework [J]. Journal of the American Society for Information Science, 1997, 48 (8): 728 – 740.

[24] KULHAVY R W, WAGER W. Feedback in programmed instruction: historical context and implications for practice [M]//Interactive instruction and feedback. USA: Educational Technology Publications, 1993.

[25] PODSAKOFF P M, FARH J-L. Effects of feedback sign and credibility on goal setting and task performance [J]. Organizational behavior and human decision processes, 1989, 44(1): 45 – 67.

[26] KOLLÖFFEL B, DE JONG T. Can performance feedback during instruction boost knowledge acquisition? contrasting criterion-based and social comparison feedback [J]. Interactive learning environments, 2016, 24(7): 1428 – 1438.

[27] HUANG N, BURTCH G, GU B, et al. Motivating user-generated content with performance feedback: evidence from randomized field experiments [J]. Management science, 2018, 65 (1): 327 – 345.

[28] NEASE A A, MUDGETT B O, QUIÑONES M A. Relationships among feedback sign, self-efficacy, and acceptance of performance feedback [J]. Journal of applied psychology, 1999, 84(5): 806 – 814.

[29] VAN - DIJK D, KLUGER A N. Feedback sign effect on motivation: is it moderated by regulatory focus? [J]. Applied psychology, 2004, 53(1): 113 – 135.

[30] NOV O, LAUT J, PORFIRI M. Using targeted design interventions to encourage extra-role crowdsourcing behavior [J]. Journal of the Association for Information Science and Technology, 2016, 67 (2): 483 – 489.

[31] BHARATHI A K B G, SINGH A, TUCKER C S, et al. Knowledge discovery of game design features by mining user-generated feedback [J]. Computers in human behavior, 2016, 60: 361 – 371.

[32] ZHOU X, TANG J, ZHAO Y, et al. Effects of feedback design and dispositional goal orientations on volunteer performance in citizen science projects [J]. Computers in human behavior, 2020, 107: 1 – 17.

[33] BANDURA A. Social cognitive theory: an agentic perspective [J]. Annual review of psychology, 2001, 52(1): 1 – 26.

[34] CSIKSZENTMIHALYI M. Flow: the psychology of optimal experience [J]. Design issues, 1991, 8(1): 75 – 77.

[35] FENG Y Y, YE H J, YU Y, et al. Gamification artifacts and crowdsourcing participation: examining the mediating role of intrinsic motivations [J]. Computers in human behavior, 2018, 81: 124 – 136.

[36] SUH A, CHEUNG C M K, AHUJA M, et al. Gamification in the workplace: the central role of the aesthetic experience [J]. Journal of management information systems, 2017, 34(1): 268 – 305.

[37] LIPNEVICH A A, SMITH J K. Effects of differential feedback on students' examination performance [J]. Journal of experimental psychology applied, 2009, 15(4): 319 – 333.

[38] ZHOU J. Feedback valence, feedback style, task autonomy, and achievement orientation: interactive effects on creative performance [J]. Journal of applied psychology, 1998, 83(2): 261 – 276.

[39] JOHNSON D A. A component analysis of the impact of evaluative and objective feedback on performance [J]. Journal of organizational behavior management, 2013, 33(2): 89 – 103.

[40] BURGERS C, EDEN A, ENGELENBURG M D V, et al. How feedback boosts motivation and play in a brain-training game [J]. Computers in human behavior, 2015, 48: 94 – 103.

[41] ASHFORD S J, BLATT R, VANDEWALLE D. Reflections on the looking glass: a review of research on feedback-seeking behavior in organizations [J]. Journal of management, 2003, 29(6): 773 – 799.

[42] CIANCI A M, KLEIN H J, SEIJTS G H. The effect of negative feedback on tension and subsequent performance: the main and interactive effects of goal content and conscientiousness [J]. Journal of applied psychology, 2010, 95(4): 618.

[43] DE MUYNCK G-J, VANSTEENKISTE M, DELRUE J, et al. The effects of feedback valence and style on need satisfaction, self-talk, and perseverance among tennis players: an experimental study [J]. Journal of sport and exercise psychology, 2017, 39(1): 67 – 80.

[44] SAUERMANN H, COHEN W M. What makes them tick? employee motives and firm innovation [J]. Management science, 2010, 56(12): 2134 – 2153.

[45] 王楠，张士凯，赵雨柔，等. 在线社区中领先用户特征对知识共享水平的影响研究——社会资本的中介作用 [J]. 管理评论，2019，31(2)：82 – 93.

[46] XU B, LI D. An empirical study of the motivations for content contribution and community participation in wikipedia [J]. Information & management, 2015, 52(3): 275 – 286.

[47] 张鼐，唐亚欧. 大数据背景下用户生成行为影响因素的实证研究 [J]. 图书馆学研究，2015(3)：36 – 42,15.

[48] CAMACHO N, NAM H, KANNAN P K, et al. Tournaments to crowdsource innovation: the role of moderator feedback and participation intensity [J]. Journal of marketing, 2019, 83(2): 138 – 157.

[49] RYAN R M, DECI E L. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being [J]. American psychologist, 2000, 55(1): 68 – 78.

[50] URDAN T, SCHOENFELDER E. Classroom effects on student motivation: goal structures, social relationships, and competence be-

liefs [J]. Journal of school psychology, 2006, 44(5): 331－349.

[51] VANCOUVER J B, TISCHNER E C. The effect of feedback sign on task performance depends on self-concept discrepancies [J]. Journal of applied psychology, 2004, 89(6): 1092－1098.

[52] SANTHANAM R, LIU D, SHEN W-C M. Research note-gamification of technology-mediated training: not all competitions are the same [J]. Information systems research, 2016, 27(2): 453－465.

[53] FORNELL C, LARCKER D F. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error [J]. Journal of marketing research, 1981, 18(1): 39－50.

作者贡献说明：

汤健：确定选题、研究思路与框架、方案设计、论文修改和审阅；

周鑫雪：文献调研、方案设计、论文撰写与修改；

余美华：文献调研、数据采集和分析、论文撰写。

Research on the Motivational Impact of the Type and Valence of Feedback Information on Volunteer Performance in Citizen Science Projects

Tang Jian[1] Zhou Xinxue[1] Yu Meihua[2]

[1] School of Information, Central University of Finance and Economics, Beijing 100081

[2] School of Government and Public Affairs, Communication University of China, Beijing 100024

Abstract: [**Purpose/significance**] Providing feedback is an important design to motivate volunteers and enhance their participation. This research aims to study the motivational impact of feedback information on volunteers' participation performance, in order to provide guidance and suggestions for designing citizen science project and improving volunteers' performance. [**Method/process**] By using the feedback intervention theory as an overarching framework, this paper integrated social cognition theory and flow theory and proposed a model to depict the influence of feedback type and feedback valence on volunteers' experience and performance in citizen science projects. This study also discussed the interaction effects between feedback type and feedback valence. A 2 (feedback type: descriptive vs. evaluative) × 2 (feedback valence: positive vs. negative) between-subject experiment was conducted to validate the proposed research model. [**Result/conclusion**] Results showed that feedback type and feedback valence have varying impact on volunteers' experience. Volunteers had higher self-efficacy in evaluative feedback than in descriptive feedback; and they had higher self-efficacy and flow experience in positive feedback than in negative feedback. Moreover, there was a statistically significant interaction between feedback type and feedback valence on self-efficacy. For negative feedback, volunteers had higher self-efficacy in evaluative feedback than in descriptive feedback. Volunteer's participation experience had a positive effect on participation performance.

Keywords: citizen science feedback information participation experience participation performance feedback intervention